

## Beschreibung

## Elektrisches Anpassungsnetzwerk mit einer Transformationsleitung

5

Elektrische Bauelemente benötigen zu ihrer Anpassung an ihre Schaltungsumgebung häufig ein elektrisches Anpassungsnetzwerk. Ein solches kann Induktivitäten, Kapazitäten und Transformationsleitungen umfassen und dient im wesentlichen dazu, die Impedanz eines Bauelements der äußeren Umgebung anzupassen. Häufig werden solche Anpassungsnetzwerke als passiv integrierte Netzwerke ausgeführt, bei dem die das Netzwerk bildenden diskreten Elemente zusammen in einem Substrat integriert sind, welches vorzugsweise das Trägersubstrat für das Bauelement bildet. Möglich ist es sogar, ein keramisches Bauelement in einer Keramik auszubilden, in deren keramischen Körper oder auf dessen keramischen Körper die Anpaßelemente aufgebracht und mit dem Bauelement integriert sind.

20 Elektrische Transformationsleitungen als Bestandteile von Anpassungsnetzwerken werden häufig in einem mehrlagigen Keramiksubstrat realisiert, in dem wie angeführt noch weitere Elemente integriert sein können. Transformationsleitungen werden beispielsweise in Front-End-Modulen für Endgeräte der mobilen Kommunikation eingesetzt, wo sie als Bestandteil von Pin-Diodenschaltern zum Einsatz kommen können und zum Beispiel eine Phasenschiebung von ca. 90° erreichen müssen. Weiterhin soll eine solche Transformationsleitung eine möglichst gute Anpassung unter den vorgegebenen Quell- und Lastimpedanzen aufweisen. Eine weitere beispielhafte angeführte Verwendung kann eine Transformationsleitung in einem Duplexer finden, welcher, ebenfalls in einem Endgerät der mobilen Kommunikation eingesetzt, die Antenne sowohl mit dem Sende- als auch dem Empfangspfad des Endgeräts verbindet.

35

Eine weitere Anforderung an Transformationsleitungen, insbesondere in Endgeräten der mobilen Kommunikation, ist ein mög-

lichst geringer Flächen- und Raumbedarf. Bei einem Front-End-Modul sind beispielsweise die Außenabmessungen wesentlich geringer als der Bruchteil der Wellenlänge im Keramiksubstrat, um welche die Phasenschiebung erfolgen soll. Da die Phasenschiebung nur mit einem Leiter erfolgen kann, der eine gewisse geometrische Länge aufweist, sind heute verwendete Transformationsleitungen gefaltet und teilweise mehrlagig ausgeführt. Sowohl durch Faltung als auch durch die mehrlagige Ausführung, die zu Überlappungen von Leiterabschnitten führt, ergeben sich kapazitive und induktive Verkoppelungen zwischen verschiedenen Abschnitten der Leitung. Dies führt zu einer Änderung der Anpassung und zu einer zusätzlichen Phasenschiebung gegenüber einer idealen Leitung der gleichen geometrischen Länge, die einlagig und ungefaltet ausgeführt ist. Darüber hinaus kann die zur Verfügung stehende Fläche sowie die Position der Anschlußpunkte, an denen die Transformationsleitung mit dem Bauelement oder dem weiteren Anpassungsnetzwerk verbunden ist, nicht beliebig ausgewählt werden, da sie von den übrigen Komponenten der zu integrierenden Schaltungsteile abhängen.

Eine Beispielhafte Ausführung einer Transformationsleitung ist eine sogenannte Tri-Plate-Leitung, bei der ein beispielsweise gefalteter Leiter zwischen zwei abschirmenden Masselagen, also zwischen zwei metallisierten Ebenen geführt wird und von diesen durch je eine keramische Schicht getrennt ist. Der Abstand zur oberen und unteren abschirmenden Masseebene beeinflusst die charakteristische Impedanz und wird daher entsprechend gewählt. Technologiebedingt und durch die Notwendigkeit der Integration mit weiteren Elementen in dem gemeinsamen Substrat lassen sich die Dicken der Keramiklagen jedoch nicht beliebig wählen, sondern müssen aus einer begrenzten Anzahl verfügbarer und geeigneter Lagendicken ausgesucht werden, so daß so eine optimale Anpassung nicht möglich ist.

In einer platzsparenden bekannten Transmissionsleitung ist der Leiter beispielsweise mäandriert und zweilagig ausgeführt. Dabei wird eine symmetrische Anordnung der beiden Ebenen, in denen der Leiter verläuft, gewählt, so daß die charakteristische Impedanz der Leitung in den beiden Leiterebenen gleich ist und der Impedanz von Quelle und Last entspricht. Die Verkopplung zwischen den einzelnen Abschnitten des Leiters wird dadurch minimiert, indem parallel liegende Abschnitte des Leiters einen genügenden Abstand voneinander haben, der in der Regel größer ist als die Breite des Leiters. Die Verkopplung zwischen Leiterabschnitten in unterschiedlichen Leiterebenen wird dadurch reduziert, indem entweder übereinanderliegende Abschnitte in beiden Lagen rechtwinklig zueinander angeordnet sind oder indem Leiterabschnitte der einen Leiterebene zwischen die Projektion der Leiterabschnitte der anderen Ebene gelegt werden. Zur Erhöhung der Phasendrehung der Transmissionsleitung kann die geometrische Länge des Leiters vergrößert werden. Dies ist bei begrenzter Fläche nur möglich, indem die einzelnen Abschnitte des Leiters näher aneinandergerückt werden. Dadurch steigt jedoch die Verkopplung der Leitungsteile untereinander, wobei die Anpassung zwischen Quelle und Last verschlechtert wird.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Netzwerk mit einer Transformationsleitung anzugeben, welches auch für weiter miniaturisierte Bauelemente geeignet ist und mit der eine gewünschte Anpassung von beispielsweise besser als 10 dB erreicht wird.

Diese Aufgabe wird durch ein Netzwerk mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus weiteren Ansprüchen hervor.

Die Erfindung gibt ein Netzwerk an, welches eine in oder teilweise auf einem Substrat ausgebildete Transformationsleitung einer vorgegebenen elektrischen Länge aufweist. Die Transformationsleitung weist zumindest zwei zur besseren Aus-

nutzung der für die Transformationsleitung zur Verfügung stehenden Fläche jeweils gefaltete, jeweils in einer eigenen Leiterebene angeordnete Teile auf, die über eine Durchkontaktierung elektrisch miteinander verbunden sind. Alle Teile der Transformationsleitung weisen Leitungsabschnitte auf, die geradlinig ausgebildet sind und rechtwinklig miteinander verbunden sind. Vorzugsweise weisen alle Teile der Transformationsleitung ausschließlich geradlinige, vorzugsweise rechtwinklig miteinander verbundene Leitungsabschnitte auf.

10

Für zumindest einen Teil der Leitungsabschnitte gilt: zueinander parallele, in unterschiedlichen Leiterebenen liegende Leitungsabschnitte überlappen teilweise und sind auf diese Weise kapazitiv miteinander gekoppelt, wobei durch die Einstellung der einzelnen Überlappungsflächen die kapazitive Kopplung angepaßt und so die vorgegebene elektrische Länge und die vorgegebene Impedanz der Transformationsleitung erreicht ist.

20

Die sich aus einer besonders platzsparenden, mäanderförmigen Faltung der Leitung ergebende, an sich nachteilige Verkoppelung der in verschiedenen Leiterebenen angeordneten und sich teilweise überlappenden Leitungsabschnitte wird erfindungsgemäß zur Einstellung der erforderlichen elektrischen Eigenschaften (die vorgegebene Phasendrehung und Impedanz) der Transformationsleitung ausgenutzt. Dagegen ist bei bisher bekannten, z. B. über zwei Ebenen verteilten Transformationsleitungen die Überlappungsfläche der Leitungsabschnitte möglichst gering gehalten, indem nur die unvermeidliche Kreuzung zueinander senkrechter Leitungsabschnitte zugelassen und die Überlappung der zueinander parallelen Leitungsabschnitte vermieden wurde.

35

Das erfindungsgemäße Netzwerk ist vorzugsweise in einem Vielschicht-Bauelement mit mehreren im Substrat verborgenen Leiterebenen integriert, wobei die Anpassung der Transformationsleitung für eine bestimmte Betriebsfrequenz erreicht ist

und wobei die Transformationsleitung bei dieser Frequenz z. B. ein offenes Ende an ihrem ersten Ende in einen Kurzschluß an ihrem zweiten Ende überführt.

- 5 In einer vorteilhaften Variante der Erfindung ist die Breite der Leitungsabschnitte in zumindest einer Leiterebene unterschiedlich ausgebildet. Durch gezielte Veränderung in der Breite einzelner Leiterabschnitte läßt sich sowohl die kapazitive Verkopplung als auch die Impedanz einzelner Leitungsabschnitte beeinflussen, so daß durch geeignete Wahl der Leiterbreite in einzelnen Abschnitten die gewünschte Anpassung der Leitungsimpedanz erzielt werden kann. Werden beispielsweise zwei Leiterabschnitte betrachtet, die miteinander kapazitiv und induktiv koppeln, so kann beispielsweise die induktive Verkopplung dadurch vermindert werden, indem in einem der beiden Leiterabschnitte die Leiterbreite erhöht wird. Durch Erhöhung der Leiterbreite in einem Abschnitt kann darüber hinaus die parasitäre und an sich störende kapazitive Verkopplung zu benachbarten Leiterabschnitten erhöht werden.
- 10 So kann bereits durch Variation der Leiterbreite eines einzelnen Leiterabschnitts die elektrische Anpassung der Transmissionsleitung verbessert werden. Durch geeignete und von einander unabhängige Auswahl der Breiten aller Leiterabschnitte kann die Anpassung optimiert werden und exakt auf
- 15 einen gewünschten Wert eingestellt werden. Herkömmliche Schaltungsumgebungen können beispielsweise eine Anpassung an 50  $\Omega$  erfordern.
- 20
- 25

Die Erfindung ermöglicht es in einfacher Weise, die elektrische Anpassung der Transformationsleitung und damit insgesamt das Netzwerk zur Anpassung des elektrischen Bauelements exakt auf die gewünschten Werte zu optimieren, ohne daß dies zu einem erhöhten Flächenbedarf der Transformationsleitung führt. Im Gegenteil werden mit der Erfindung auch Anordnungen möglich, die bei bekannten Transmissionsleitungen zu unerlaubt hohen Verkopplungen und damit zu schlechter Anpassung geführt haben, die nun jedoch erfindungsgemäß ausgeglichen werden.

30

35

Dies erlaubt eine weitere Reduzierung des Flächenbedarfs der Transmissionsleitung sowie alternativ oder zusätzlich eine geometrische Form der Transmissionsleitung, die bisher nicht ohne weitere Nachteile zu realisieren war. So kann eine auf dem Substrat zur Verfügung stehende Fläche mit der Erfindung besser ausgenutzt werden. Ein erhöhter Flächenbedarf der Erfindung wird allein dadurch ausgeschlossen, daß sich mit der Erfindung die geometrische und damit in der Regel auch die elektrische Länge des Leiters, die maßgeblich für das Ausmaß der Phasenschiebung verantwortlich ist, nicht wesentlich ändert.

Unter Abschnitt des Leiters wird ein beliebiges Teilstück des Leiters mit einer gegebenen Länge verstanden. In der Regel und sowohl für die Berechnung als auch für die Konstruktion der Transmissionsleitung einfacher ist es, Abschnitte zwischen zwei Eckpunkten der gefalteten Leitung zu definieren.

Wie bereits die herkömmliche Transmissionsleitung kann auch die erfindungsgemäße Transmissionsleitung mit einem in zwei Leiterebenen gefalteten Leiter ausgeführt werden. Die beiden Leiterebenen sind durch einen Isolator, vorzugsweise eine keramische Schicht, voneinander getrennt. Eine weitere isolierende Schicht, insbesondere eine weitere keramische Schicht, trennt die Leiterebenen von der mit Masse verbundenen abschirmenden Ebene.

Die Transmissionsleitung kann auch als Tri-Plate-Leitung ausgeführt sein, bei der die Leiterebenen zwischen zwei Masseebenen angeordnet sind. Mit der Erfindung ist es möglich, die Isolationsschicht, die die beiden Leiterebenen trennt, dünner auszuführen als bei bekannten Transformationsleitungen. Die sich daraus ergebenden störenden Verkopplungen können mit der Erfindung kompensiert werden. Die beiden in unterschiedlichen Leiterebenen verlaufenden Teile des Leiters werden durch Durchkontakteierungen miteinander verbunden.

In den beiden Leiterebenen werden die Abschnitte so geführt, daß keine parallelen Abschnitte in den beiden Leiterebenen übereinander zu liegen kommen. Zueinander parallele Abschnitte sind zumindest um eine Mindestlänge in den beiden Ebenen gegeneinander versetzt. Kreuzungen zwischen Abschnitten in unterschiedlichen Leiterebenen erfolgen vorzugsweise entfernt von den Abschnittsenden und vorzugsweise in der Mitte der Leiterabschnitte. Bei der Variation der Breite der Leiter in einzelnen Abschnitten werden vorteilhafterweise Randbedingungen eingehalten. So sollten insbesondere die Breiten der Leiterabschnitte ebenso wie die Abstände zueinander parallel er Leiterabschnitte einen meist technologisch bedingten Mindestwert aufweisen, der beispielsweise bei  $100 \mu\text{m}$  gewählt wird. Diese Mindestabstände und Mindestbreiten sind jedoch nicht Gegenstand der Erfindung, sondern werden lediglich als Randbedingungen beim Optimierungsverfahren berücksichtigt und schlagen sich dementsprechend in der genauen Ausgestaltung der Transformationsleitung nieder. Es können auch andere Randbedingungen und Mindestwerte eingehalten werden.

Die geometrische Länge des Leiters der Transformationsleitung wird so gewählt, daß ihre elektrische Länge einer  $\lambda/4$ -Leitung entspricht. Eine  $\lambda/4$ -Leitung wird in vielen Fällen dort benötigt, wo der Schaltungszustand von "SHORT" nach "OPEN" verändert werden muß. Die Transformationsleitung eines erfindungsgemäßen Netzwerks kann jedoch eine von  $\lambda/4$  abweichende Phasenschiebung bewirken.

Eine bevorzugte Impedanzanpassung liegt bei  $50 \Omega$ , da dieser Wert von vielen Schaltungsumgebungen gefordert ist. Möglich ist es jedoch auch, die Transformationsleitung und damit das Netzwerk an andere, von  $50 \Omega$  abweichende Schaltungsumgebungen anzupassen. Die Impedanzanpassung kann in einer Tri-Plate-Leitung durch Variation der Abstände der abschirmenden Ebenen zu den Leiterebenen erfolgen. Möglich ist es jedoch auch, insbesondere wenn die zur Verfügung stehenden Schichtdicken in einem vorgegebenen Substrat zur Einstellung einer

gewünschten Impedanz nicht ausreichend sind, eine zusätzliche separate Impedanztransformation durchzuführen und ein entsprechendes Element im Netzwerk vorzusehen.

- 5 Das erfindungsgemäße Netzwerk ist vorzugsweise in einer mehrlagigen Keramik integriert, beispielsweise einer LTTC-Keramik, die beispielsweise auf einen minimalen Shrink optimiert ist. Eine solche Low-Shrink-Keramik in LTTC-Ausführung (= low temperature cofired ceramic) erlaubt eine hohe Integration von Netzwerkelementen und gegebenenfalls zusätzlich die Integration der eigentlichen Bauelemente in die Keramik, da mit dieser Technik eine hochwertige Keramik und verlustarme metallische Leiter bei gleichzeitig exakt reproduzierbarer Bauelementgeometrie bzw. Netzwerkgeometrie erhalten werden
- 10 können. Üblicherweise ist das Substrat des Netzwerks jedoch das Trägersubstrat für das Bauelement, auf dem dieses befestigt und mit dem das Bauelement kontaktiert ist, beispielsweise in einem Schritt mittels eines SMD-Prozesses. Ist das Bauelement ein mit akustischen Wellen arbeitendes Bauelement,
- 15 so kann beispielsweise eine Flip-Chip-Anordnung gewählt sein.
- 20

Das Substrat für das Netzwerk, welches ein integriertes Netzwerk sein kann, kann gleichzeitig das Substrat für ein Modul darstellen, in dem mehrere Bauelemente und das dazugehörige

25 Netzwerk integriert sind.

Im Folgenden wird die Erfindung sowie ein Verfahren zur Optimierung eines erfindungsgemäßen Netzwerks anhand von Ausführungsbeispielen und den dazugehörigen Figuren näher erläutert.

30

- Figur 1 zeigt in schematischer Draufsicht einen in zwei Ebenen gefalteten Leiter einer bekannten Transmissionsleitung,
- 35 Figur 2 zeigt eine als Tri-Plate-Leitung ausgebildete Transmissionsleitung im schematischen Querschnitt,

Figur 3 zeigt ein Smith-Diagramm einer bekannten Transmissionsleitung,

Figur 4 zeigt einen Teil einer erfindungsgemäßen Transmissionsleitung in schematischer Draufsicht,  
5

Figur 5 zeigt das Smith-Diagramm der erfindungsgemäßen Transmissionsleitung,

10 Figur 6 zeigt zwei in jeweils einer eigenen Leiterebene übereinander angeordnete Teile einer erfindungsgemäßen Transmissionsleitung in schematischer Draufsicht.

Eine bekannte Transmissionsleitung soll anhand der Figuren 1  
15 und 2 näher erläutert werden. Die Figuren dienen dabei nur der Erläuterung und sind nicht maßstabsgerecht. Die bekannte Tri-Plate-Anordnung besteht aus einer ersten und einer zweiten Leiterebene LE1, LE2, die durch eine keramische Zwischenlage voneinander getrennt sind. Oberhalb und unterhalb der  
20 ersten und zweiten Leiterebene ist ebenfalls durch eine keramische Zwischenlage getrennt je eine mit Masse verbundene abschirmende Ebene ME1, ME2 angeordnet, beispielsweise eine Metallisierungsebene (siehe Figur 2). Die Leiterebenen und die abschirmenden Ebenen sind vorzugsweise symmetrisch zueinander  
25 angeordnet, so daß die Abstände der abschirmenden Ebenen ME von der benachbarten Leiterebene LE einheitlich gleich dE ist. Der Abstand dE kann sich vom Abstand dL der beiden Leiterebenen LE1, LE2 unterscheiden. In einer bekannten Transmissionsleitung ist beispielsweise  $dE = 125 \mu m$ , während  $dL = 95 \mu m$  ist. Figur 1 zeigt die Faltung des Leiters LE1 in der ersten Leiterebene und gestrichelt dargestellt die Projektion des gefalteten Leiters LE2 in der zweiten Leiterebene. Der Leiter besteht aus geradlinigen Abschnitten, die rechtwinklig zusammengefügt sind. Die Abschnitte sind in den beiden Leiterebenen LE1 und LE2 so zueinander angeordnet, daß zueinander parallele geradlinige Leiterabschnitte nicht übereinander zu liegen kommen. Über die Durchkontaktierung DK sind die  
30  
35

beiden Teile LE1, LE2 des Gesamtleiters in den beiden Ebenen miteinander verbunden. An den beiden Anschlußpunkten T1 und T2 wird der Leiter bzw. die Transmissionsleitung mit einer äußeren Schaltungsumgebung, beispielsweise dem Netzwerk oder 5 einem Bauelement, verbunden. Der Leiter weist eine einheitliche Breite  $d_0$  auf.

Figur 3 zeigt die aus dieser bekannten Transmissionsleitung berechnete Anpassung dargestellt im Smith-Diagramm. Die An- 10 passung der bekannten Transmissionsleitung liegt deutlich schlechter als 15 dB, die Impedanzanpassung bei ca.  $35 \Omega$ .

Erfindungsgemäß wird nun die Breite einzelner Leiterabschnitte einer oder beider Leiterebenen LE1, LE2 variiert und insbesondere erhöht. Dadurch wird die Verkopplung der entsprechenden Leiterabschnitte A1 bis A6 mit benachbarten Leiterabschnitten derselben Leiterebene oder der darunterliegenden, 15 in Figur 4 nicht dargestellten Leiterebene LE2 reduziert bzw. im Charakter verändert. Durch Verbreiterung eines Leiterabschnitts A kann beispielsweise die induktive Verkopplung reduziert, die kapazitive dagegen erhöht werden. Nur beispielhaft sind die Breiten der Leiterbahnenabschnitte  $d_3$ ,  $d_4$ ,  $d_5$  20 und  $d_6$  für die entsprechenden Leiterabschnitte A3, A4, A5 und A6 angegeben. Mit  $d_0$  ist eine virtuelle "ursprüngliche" Breite des Leiters angegeben. Eine optimale Anpassung des Leiters ergibt im Normalfall, daß die Breiten  $d_x$  aller variierten 25 Leiterabschnitte Ax voneinander unterschiedliche Werte annehmen. Möglich ist es jedoch auch, daß einzelne Leiterabschnitte gleich breit sind. Dies betrifft insbesondere die gegenüber der ursprünglichen Struktur unveränderten Leiterabschnitte. In der Figur 4 ist nur die Leiterebene LE1 dargestellt, die darunterliegende zweite Leiterebene LE2 kann und wird entsprechend verändert, so daß auch dort unterschiedlich 30 breite Leiterabschnitte vorliegen.

Figur 3 zeigt sich, daß die elektrische Anpassung der erfindungsgemäßen Transmissionsleitung wesentlich verbessert ist. Sie liegt nahe bei  $50 \Omega$  und besitzt eine Phasenschiebung von beispielsweise exakt  $\lambda/4$ . Das Ausmaß der Phasenschiebung kann jedoch durch Erhöhung oder Erniedrigung der geometrischen und damit auch der elektrischen Länge des Leiters in einer oder beiden der Ebenen entsprechend variiert werden. So ist auch eine Phasenschiebung um von  $\lambda/4$  abweichende Werte möglich.

- 10 Beim Optimierungsverfahren zur Anpassung der erfindungsgemäßen Transmissionsleitung kann wie folgt vorgegangen werden. Es wird von einem Leiter mit Abschnitten einheitlicher Breite ausgegangen und dessen elektrische Kennwerte berechnet oder simuliert. Anschließend wird die Breite eines Abschnitts variiert und die elektrischen Kennwerte erneut berechnet. Den damit erzielten Effekt (= Verschiebung der Anpassung im Smithdiagramm als Vektor) wird als Anpassungsmaßnahme für den variierten Abschnitt abgespeichert. Anschließend wird ausgehend von der Startstruktur ein weiterer Abschnitt in der Breite variiert und die elektrischen Kennwerte erneut berechnet. So erhält man eine weitere Anpassungsmaßnahme. Je nach vorliegendem Problem und der mit den einzelnen Anpassungsmaßnahmen erzielten Wirkungen kann gegebenenfalls bereits mit zwei Anpassungsmaßnahmen, die durch Interpolation der Wirkung und dementsprechend veränderte Breite des jeweiligen Abschnitt in ihrer Effektivität noch variiert werden können, eine gewünschte oder geforderte Anpassung erreicht werden. Für anspruchsvolle Anpassungen kann es erforderlich sein, weitere Anpassungsmaßnahme für andere Abschnitte oder für alle Abschnitte zu berechnen und die gewünschte Anpassung additiv aus den einzelnen Anpassungsmaßnahmen zusammenzusetzen. Für die so erhaltene Struktur können schließlich weitere Anpassungen erforderlich sein, da sich die einzeln berechneten Anpassungsmaßnahmen gegenseitig beeinflussen können.
- 35 Ein erfindungsgemäßes Netzwerk mit der neuartigen Transformationsleitung kann zur Anpassung beliebiger elektrischer Bau-

elemente verwendet werden. Vorteilhaft wird es für passiv integrierte Netzwerke eingesetzt, die zur weiteren Miniaturisierung elektrischer Bauelemente unbedingt erforderlich ist. Eine besonders vorteilhafte Verwendung für das erfindungsmäßige Netzwerk bei der elektrischen Anpassung von Komponenten von Front-End-Modulen in Endgeräten drahtloser Kommunikation, beispielsweise in Handys. Hier muß die passive Integration zur Erreichung der angestrebten oder bereits erreichten Außenabmessungen unbedingt in das Bauelementsubstrat bzw. das Front-End-Modul-Substrat integriert sein.

Zur Aufnahme weiterer Netzwerkkomponenten und zur Erfüllung seiner Funktion als Bauelementsubstrat ist das Substrat gegenüber den in Figur 2 dargestellten Schichtfolgen um weitere Schichten verstärkt. Die Dicke des Substrats bzw. die Anzahl der dafür erforderlichen Schichten ist von der Anzahl der in dem Substrat zu integrierenden Netzwerkelemente und -komponenten abhängig. In Abhängigkeit von der in der Substratkeramik zu verwirklichenden Komponente ist auch das Material für die entsprechenden Keramiklagen ausgewählt.

Im vorliegenden Fall wird für die Zwischenlage zwischen den beiden Leiterebenen LE1 und LE2 eine elektrisch isolierende Keramik eingesetzt, deren vorzugsweise niedrige Dielektrizitätskonstante die Impedanz der Leitung mitbestimmt. Eine niedrigere Dielektrizitätskonstante der Zwischenlage vermindert auch die Verkopplung zwischen den Leiterebenen. Mit der Erfindung können aber solche Verkopplungen verminderter bzw. vorteilhaft genutzt werden. Auch die keramischen Schichten zwischen einer Leiterebene LE1 und einer mit Masse verbundenen abschirmenden Ebene ME1 werden elektrisch isolierend eingestellt, wobei allerdings auch hier der Wert der entsprechenden Dielektrizitätskonstanten zu beachten ist. Üblicherweise wird für alle keramischen Schichten inklusive der Zwischenlage die gleiche Keramik eingesetzt. Erfindungsgemäß ist es jedoch auch möglich, für die Zwischenlage eine von den übrigen keramischen Schichten unterschiedliche Kera-

mik einzusetzen, um insbesondere die Verkopplung, die erfundungsgemäß wieder gewünscht sein kann, auf einen gewünschten Wert einzustellen.

- 5 Die für die einzelnen Komponenten zur Verfügung stehenden Flächen sind in der Regel durch Durchkontaktierungen und andere in der gleichen Ebene vorhandene bzw. realisierte Elemente bestimmt. Mit der Erfindung kann eine besonders gute Anpassung an eine zur Verfügung stehende, beliebig geformte  
10 Fläche verwirklicht werden.

Figur 6 zeigt zwei in jeweils einer eigenen Leiterebene LE1 und LE2 übereinander angeordnete Teile einer erfundungsgemäß Transmissionsleitung in schematischer Draufsicht. Die  
15 Verschaltung der Teile der Transformationsleitung entspricht der Figur 1. Die übereinander angeordneten, zueinander parallelen Leitungsabschnitte überlappen sich in den Überlappungsbereichen 1, 2 und 3, wobei die Überlappungsfläche so eingestellt ist, daß bei einer bestimmten Betriebsfrequenz die elektrische Anpassung der Transformationsleitung z. B. an eine  
20 180°-Phasendrehung bei einer Impedanz von 50 Ohm erreicht ist.

In diesem Ausführungsbeispiel wird die Überlappungsfläche nicht nur durch eine entsprechende Anordnung (Versatz in x,y-Richtungen), sondern auch durch die Breite der entsprechenden Leitungsabschnitte eingestellt. Unterschiedlich breite Leitungsabschnitte weisen unterschiedliche Impedanzen auf, was zur Anpassung der Impedanz der Gesamtleitung ausgenutzt wird.  
30

Im Bereich 4 ist zwar keine Überlappung der zueinander parallelen Leitungsabschnitte vorgesehen. Aber die in den unterschiedlichen Leiterebenen angeordneten Leitungsabschnitte grenzen in einer Projektionsebene direkt aneinander und sind über ein elektrisches Streufeld miteinander verkoppelt. Dagegen ist bei der bekannten, in Figur 1 dargestellten Leitung zwischen den zueinander parallelen Abschnitten überall ein  
35

gewisser Abstand zur Vermeidung der parasitären kapazitiven Kopplung vorgesehen.

Es ist möglich, daß nur eine Längskante eines Leitungsabschnitts in einer Projektionsebene an die Längskante eines zu ihm parallelen Leitungsabschnitts der anderen Leiterebene grenzt, siehe Bereich 5. Möglich ist es auch, siehe z.B. den Bereich 4, einen Leitungsabschnitt so zu führen, daß seine beiden Kanten in einer Projektionsebene an den jeweiligen parallelen Leitungsabschnitt der anderen Leiterebene grenzen.

Möglich ist in einer hier nicht dargestellten Weiterbildung der Erfindung auch, daß die Leitung stets gleich breite Abschnitte aufweist, wobei die Überlappungsfläche der zueinander parallelen, in verschiedenen Leiterebenen angeordneten, teilweise überlappenden Abschnitte alleine durch deren geeigneten Versatz eingestellt wird.

## Patentansprüche

1. Netzwerk zur elektrischen Anpassung eines elektrischen Bauelements,
  - 5 - mit zumindest zwei durch eine keramische Zwischenlage getrennten Leiterebenen (LE1, LE2),
    - mit einer in oder auf einem Substrat ausgebildeten Transformationsleitung einer vorgegebenen elektrischen Länge,
    - bei dem die Transformationsleitung zwei jeweils gefaltete, 10 jeweils in einer eigenen Leiterebene (LE1, LE2) angeordnete Teile aufweist, die über eine in der Zwischenlage angeordnete Durchkontaktierung (DK) miteinander verbunden sind,
    - wobei beide Teile der Transformationsleitung ausschließlich geradlinige Leitungsabschnitte aufweisen, die rechtwinklig 15 miteinander verbunden sind,
    - wobei für zumindest einen Teil der Leitungsabschnitte gilt: zueinander parallele, in unterschiedlichen Leiterebenen liegende Leitungsabschnitte überlappen teilweise und sind auf diese Weise kapazitiv miteinander gekoppelt, wobei durch die 20 Einstellung der einzelnen Überlappungsflächen die kapazitive Kopplung angepaßt und so die vorgegebene elektrische Länge und die vorgegebene Impedanz der Transformationsleitung erreicht ist.
- 25 2. Netzwerk nach Anspruch 1, bei dem die Breite (d) der in derselben Leiterebene angeordneten oder die Breite der in verschiedenen Leiterebenen angeordneten, sich überlappenden Leitungsabschnitte unterschiedlich und so gewählt ist, daß störende Verkopplungen zwischen 30 unterschiedlichen Abschnitten des Leiters kompensiert sind und eine Impedanzanpassung an die gegebene Umgebung von besser als 25 dB erreicht ist.
- 35 3. Netzwerk nach Anspruch 2, bei dem bei mehr als nur einer Leiterebene die Breite (d) der in der jeweiligen Leiterebene angeordneten Leitungsabschnitte unterschiedlich gewählt ist.

4. Netzwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
bei dem zumindest eine der Leiterebenen zwischen zu dieser  
Ebene parallelen, mit Masse verbundenen, abschirmenden Ebenen  
5 angeordnet ist, wobei diese Leiterebene durch zumindest eine  
keramische Schicht von der jeweiligen abschirmenden Ebene ge-  
trennt ist.
5. Netzwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
10 bei dem zumindest ein in einer ersten Leiterebene angeordne-  
ter Leitungsabschnitt in einer Projektionsebene an zumindest  
einer seiner Längskanten an die Längskante eines zu ihm pa-  
rallelen, in einer zweiten Leiterebene angeordneten Leitungs-  
abschnitt grenzt.
- 15 6. Netzwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
bei dem alle Leitungsabschnitte zumindest eine der Mindest-  
länge entsprechende Breite (d) aufweisen.
- 20 7. Netzwerk nach einem der Ansprüche 4 bis 6,  
bei dem die Transformationsleitung als Triplate-Leitung mit  
zwei abschirmenden, mit Masse verbundenen Ebenen (ME) ausge-  
bildet ist, bei dem die keramischen Schichten, die zwischen  
der jeweiligen Leiterebene und den abschirmenden Ebenen ange-  
25 ordnet sind, die gleiche Dicke (dE) aufweisen.
8. Netzwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
bei die Transformationsleitung als  $\lambda/4$  Leitung ausgebildet  
ist.
- 30 9. Netzwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
bei dem die Transformationsleitung an  $50 \Omega$  angepaßt ist.
10. Netzwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
35 bei dem die Impedanzanpassung an die äußere Umgebung mit Hil-  
fe eines zusätzlichen Elements zur Impedanztransformation ge-  
währleistet ist.

11. Netzwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 10,  
bei dem das Substrat eine Mehrlagenkeramik ist und den Träger  
für ein Bauelement oder ein Modul bildet.

5

12. Netzwerk nach Anspruch 11,  
bei dem das Bauelement oder das Modul zumindest ein mit akus-  
tischen Wellen arbeitendes Bauelement umfaßt.

Fig 1

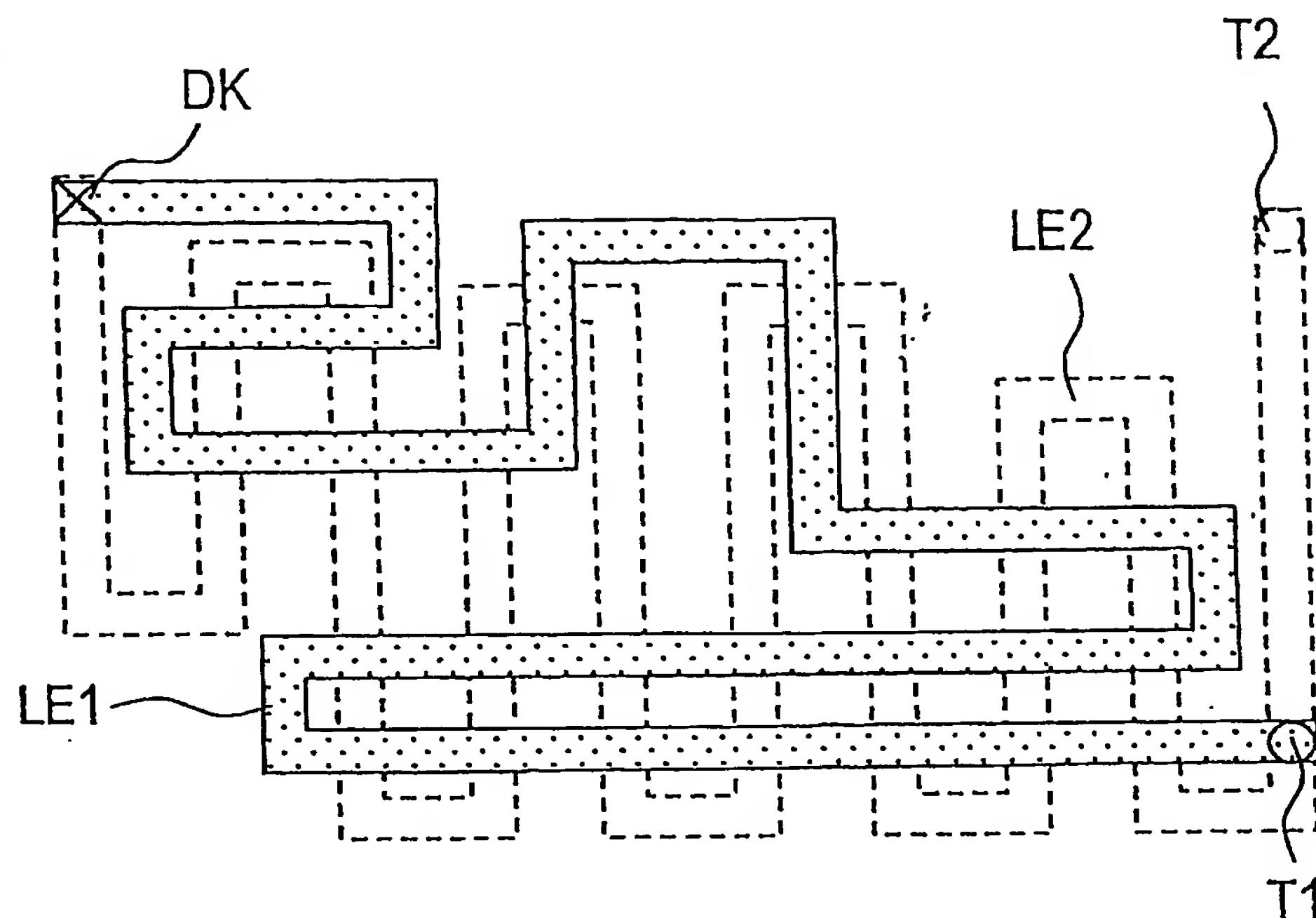


Fig 2

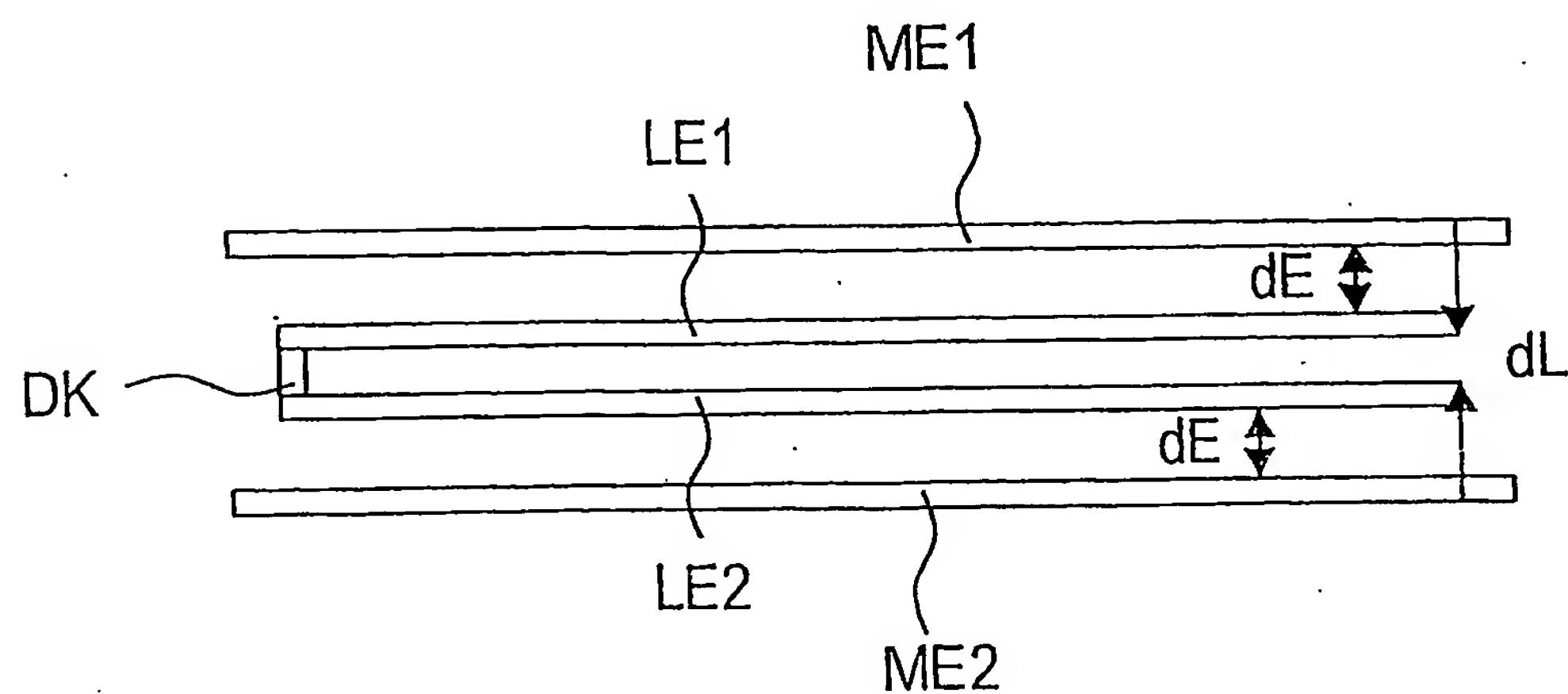


Fig 3

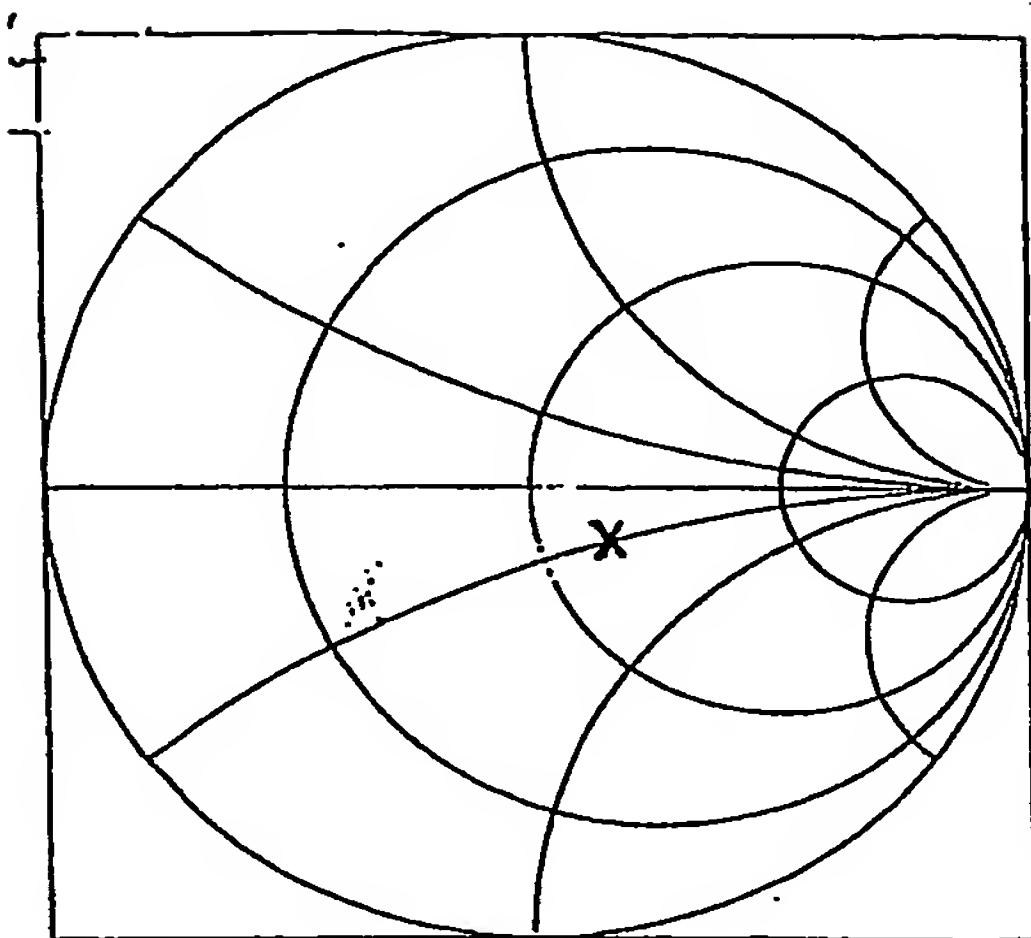


Fig 5

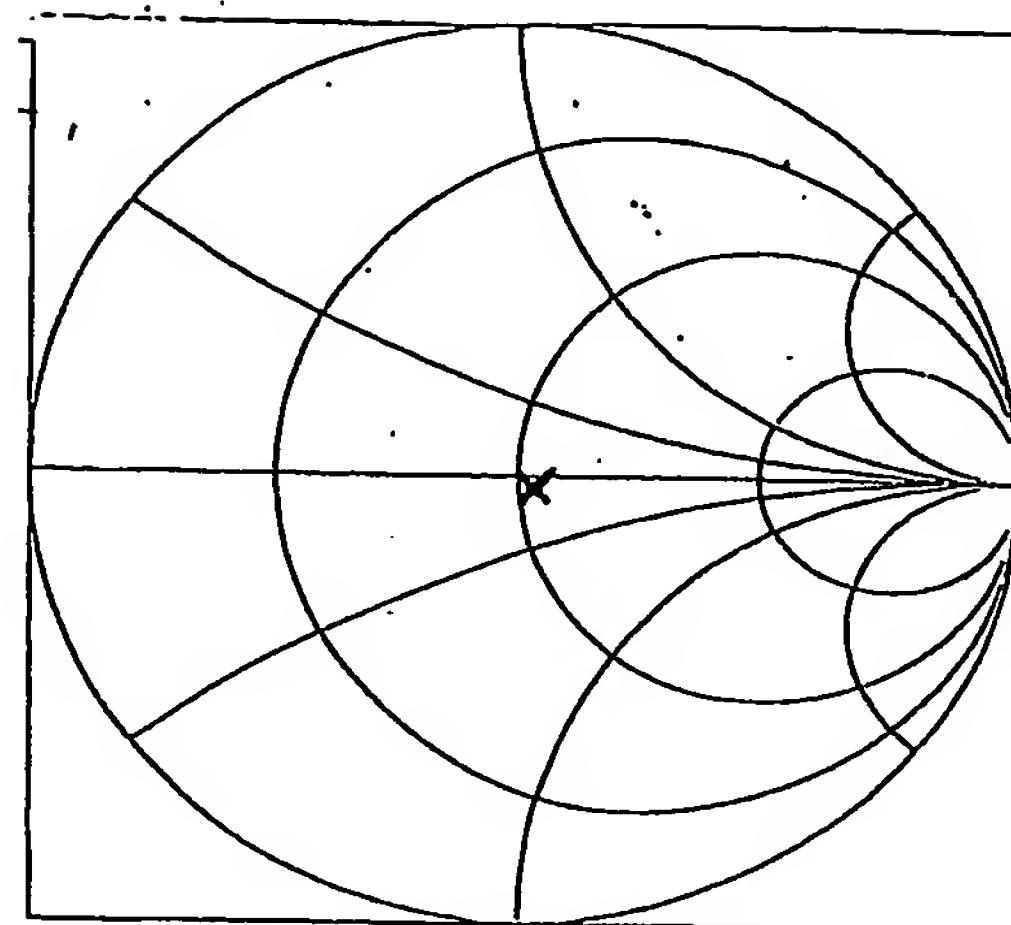
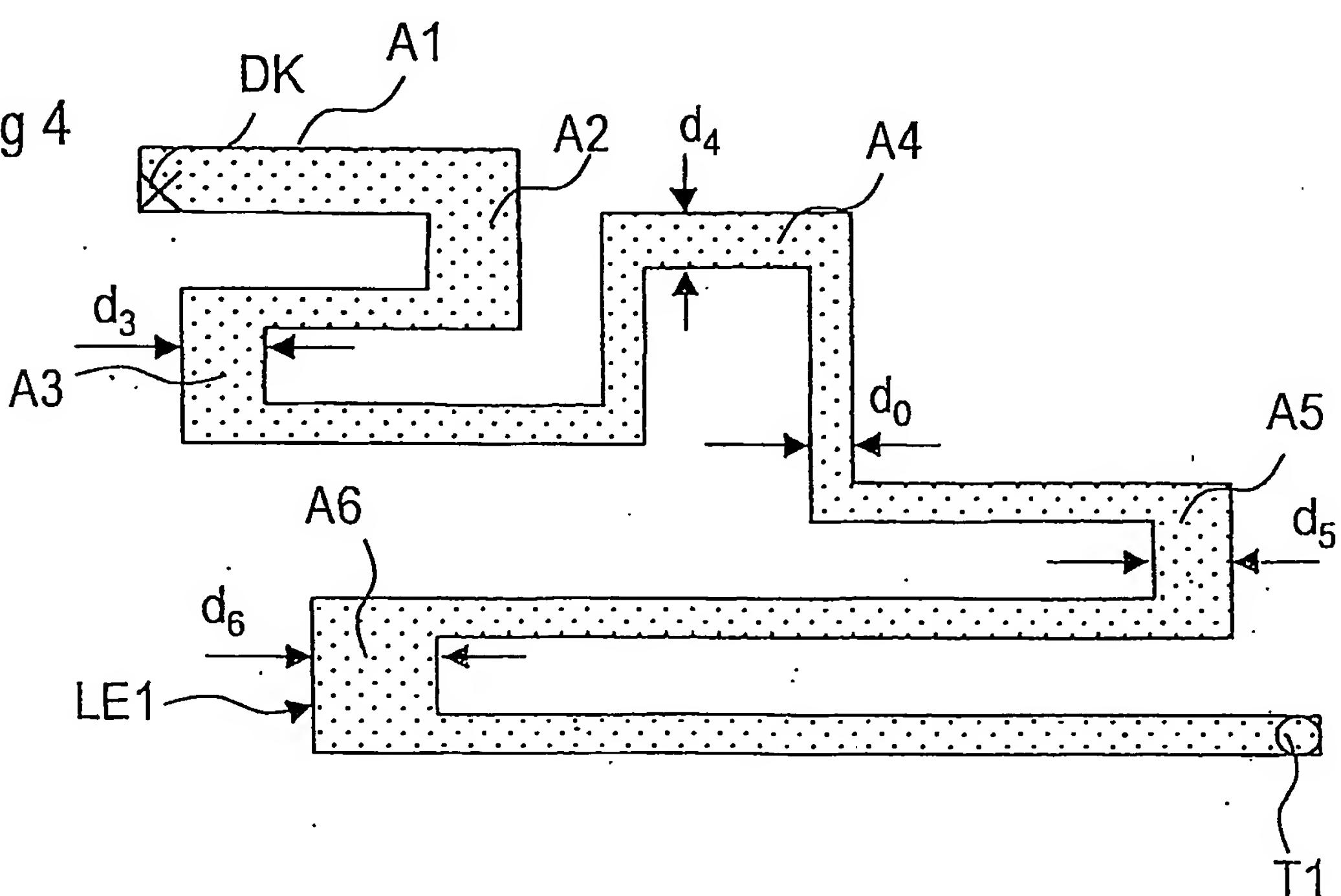


Fig 4



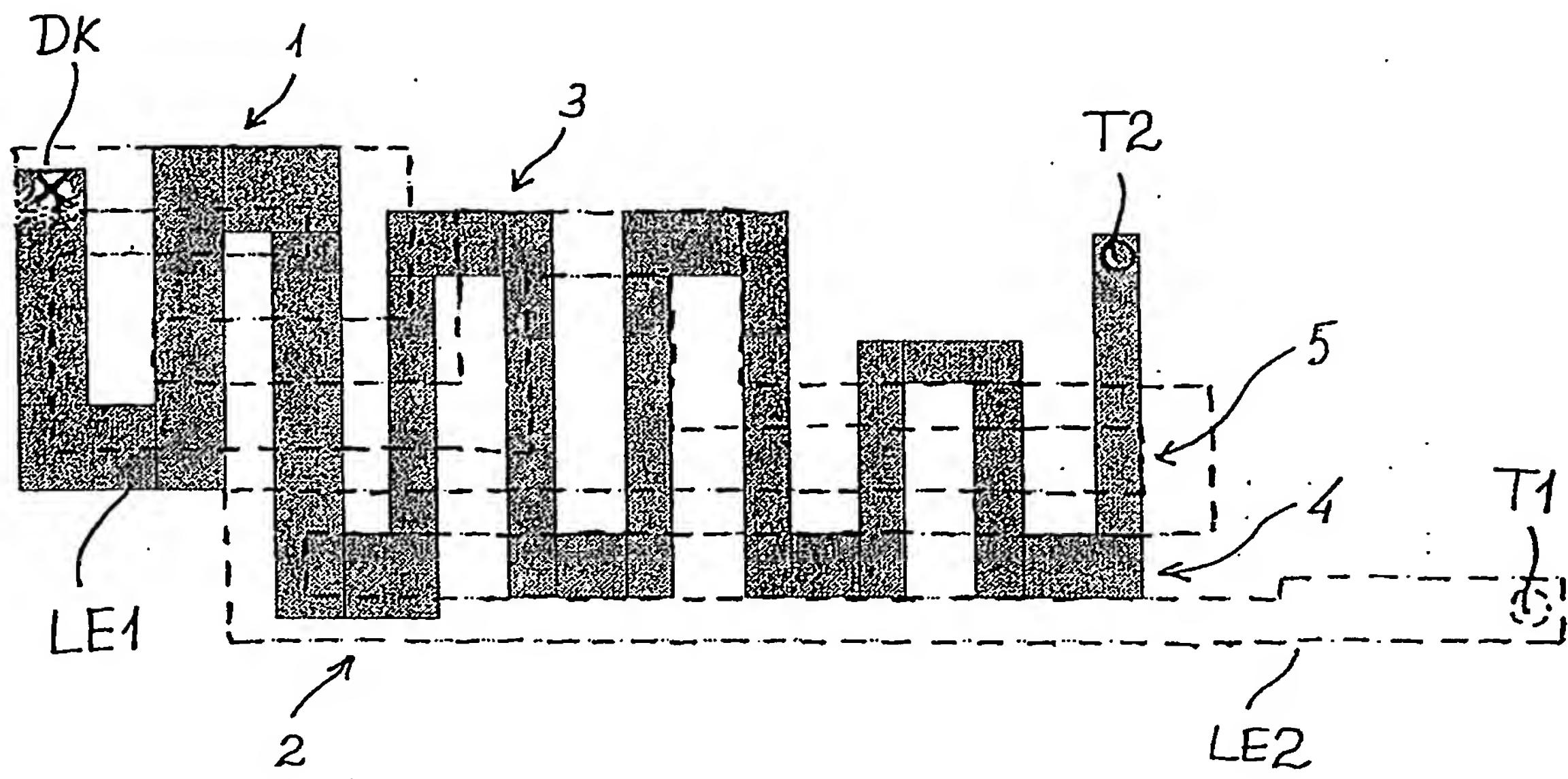


Fig. 6

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/010482

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H01P5/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, A	WO 03/088410 A (EPCOS AG) 23 October 2003 (2003-10-23) abstract; figures 1,2,4 -----	1-12
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 0072, no. 47 (E-208), 2 November 1983 (1983-11-02) & JP 58 136108 A (NIPPON DENKI KK), 13 August 1983 (1983-08-13) abstract -----	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 0134, no. 01 (E-816), 6 September 1989 (1989-09-06) & JP 1 143403 A (NEC CORP), 6 June 1989 (1989-06-06) abstract -----	1
		-/-



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

## ° Special categories of cited documents :

- °A° document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- °E° earlier document but published on or after the international filing date
- °L° document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- °O° document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- °P° document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- °T° later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- °X° document of particular relevance; the claimed Invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- °Y° document of particular relevance; the claimed Invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- °&° document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
21 December 2004	29/12/2004
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Angrabeit, F

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/010482

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 923 230 A (YOSHIDA NORIO ET AL) 13 July 1999 (1999-07-13) column 6, line 30 – line 52; figure 10 -----	1
A	US 5 146 191 A (CHIGODO YOSHIKAZU ET AL) 8 September 1992 (1992-09-08) abstract; figures 2,3,9 -----	1
A	US 4 949 057 A (ISHIZAKA TAEKO ET AL) 14 August 1990 (1990-08-14) abstract; figures 5,11 -----	1

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/010482

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
WO 03088410	A	23-10-2003	DE WO	10217387 A1 03088410 A1		30-10-2003 23-10-2003
JP 58136108	A	13-08-1983	JP JP	1598967 C 2023041 B		28-01-1991 22-05-1990
JP 1143403	A	06-06-1989		NONE		
US 5923230	A	13-07-1999	JP	9260912 A		03-10-1997
US 5146191	A	08-09-1992	JP DE GB	4046405 A 4119551 A1 2246922 A ,B		17-02-1992 02-01-1992 12-02-1992
US 4949057	A	14-08-1990	JP JP JP CA DE DE EP KR	1822856 C 2037814 A 5030083 B 1314948 C 68919008 D1 68919008 T2 0352805 A2 9210601 B1		10-02-1994 07-02-1990 07-05-1993 23-03-1993 01-12-1994 13-04-1995 31-01-1990 10-12-1992

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/010482

**A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 H01P5/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H01P

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie <sup>o</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P, A	WO 03/088410 A (EPCOS AG) 23. Oktober 2003 (2003-10-23) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2,4 -----	1-12
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 0072, Nr. 47 (E-208), 2. November 1983 (1983-11-02) & JP 58 136108 A (NIPPON DENKI KK), 13. August 1983 (1983-08-13) Zusammenfassung -----	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 0134, Nr. 01 (E-816), 6. September 1989 (1989-09-06) & JP 1 143403 A (NEC CORP), 6. Juni 1989 (1989-06-06) Zusammenfassung -----	1
	-/-	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmeldeatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem Internationalen Anmeldeatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- \*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldeatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

21. Dezember 2004

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

29/12/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Angrabeit, F

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/010482

**C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 923 230 A (YOSHIDA NORIO ET AL) 13. Juli 1999 (1999-07-13) Spalte 6, Zeile 30 – Zeile 52; Abbildung 10 ----- US 5 146 191 A (CHIGODO YOSHIKAZU ET AL) 8. September 1992 (1992-09-08) Zusammenfassung; Abbildungen 2,3,9 -----	1
A	US 4 949 057 A (ISHIZAKA TAEKO ET AL) 14. August 1990 (1990-08-14) Zusammenfassung; Abbildungen 5,11 -----	1

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/010482

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 03088410	A	23-10-2003	DE WO	10217387 A1 03088410 A1		30-10-2003 23-10-2003
JP 58136108	A	13-08-1983	JP JP	1598967 C 2023041 B		28-01-1991 22-05-1990
JP 1143403	A	06-06-1989		KEINE		
US 5923230	A	13-07-1999	JP	9260912 A		03-10-1997
US 5146191	A	08-09-1992	JP DE GB	4046405 A 4119551 A1 2246922 A ,B		17-02-1992 02-01-1992 12-02-1992
US 4949057	A	14-08-1990	JP JP JP CA DE DE EP KR	1822856 C 2037814 A 5030083 B 1314948 C 68919008 D1 68919008 T2 0352805 A2 9210601 B1		10-02-1994 07-02-1990 07-05-1993 23-03-1993 01-12-1994 13-04-1995 31-01-1990 10-12-1992